

مهندسی عمران فردوسی

https://civil-ferdowsi.um.ac.ir/



ارزیابی پتانسیل و مقادیر تغذیه آب زیرزمینی آبخوان دشت گرمسار به روشهای نوسانات سطح ایستابی و پیسکوپو*

مقاله پژوهشی

الهام فیجانی[۱]   سحر میثمی[۲]   مرتضی مظفری[۳]

DOI: 10.22067/jfcei.2022.77818.1169

چکیده *منابع آب زیرزمینی یکی از منابع اصلی تأمین آب شیرین به خصوص در نواحی خشک و نیمه خشک به شمار می‌آید. برآورد میزان تغذیه یکی از مسائل بسیار مهم در مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی و ارزیابی پتانسیل برداشت از آبخوان می‌باشد. در این پژوهش ابتدا میزان پتانسیل تغذیه در آبخوان دشت گرمسار با استفاده از شش فاکتور شیب، کاربری اراضی، ژئومورفولوژی، لیتولوژی، تراکم زهکشی و تراکم خطواره‌ها به دست آمد و سپس به منظور صحت‌سنجی نقشه حاصل، ارزیابی تغذیه به روش نوسانات سطح ایستابی و روش پیسکوپو انجام شده است. نتایج به دست آمده از نقشه‌های پتانسیل تغذیه نشان دادند که میزان آن از سمت مخروط افکنه در شمال محدوده به سمت نواحی حاشیه کاهش پیدا می‌کند. میزان تغذیه سالانه آبخوان به روش نوسانات سطح ایستابی از ۱/۹۵ میلی‌متر در نواحی جنوبی تا ٤۷۸ میلی‌متر در نواحی شمالی تغییر می‌کند. نقشه‌های به دست آمده از هر دو روش روند یکسانی را در منطقه نشان دادند؛ به طوری که شمال محدوده آبخوان که در رأس مخروط افکنه گرمسار قرار دارد، دارای بیشترین میزان تغذیه است و این میزان به سمت جنوب و حاشیه آبخوان کاهش پیدا می‌کند. نتایج به دست آمده از ارزیابی مقدار تغذیه به خوبی نقشه پتانسیل را تأیید کردند.*

واژه‌های کلیدی تغذیه آب زیرزمینی، نوسانات سطح ایستابی، آبخوان گرمسار، پتانسیل تغذیه.

Evaluation of Potential and the Amounts of Groundwater Recharge in the Garmsar Plain Aquifer Using Water Table Fluctuations and Piscopo Methods

Elham Fijani   Sahar Meysami   Morteza Mozafari

Abstract *Groundwater resources are one of the main sources of freshwater supply, especially in arid and semi-arid areas. Estimating the amount of recharge is one of the most important problems in the sustainable management of groundwater resources and assessing the abstraction potential of the aquifer. In this research, first, the recharge potential in the Garmsar plain aquifer was obtained using six factors including slope, land use, geomorphology, lithology, drainage density, and line density, and then, to validate the resulting map, recharge was evaluated using the water table fluctuations and Piscopo methods. The results from the recharge potential map showed that its amount decreases from the alluvial fan in the north of the area to the margins. The amount of annual recharge of the aquifer varies from 1.95 mm in the south to 478 mm in the north of the area by the water level fluctuations method. The maps obtained from both methods showed the same trend in the area; the north of the aquifer area, which is located at the top of the Garmsar alluvial fan, has the highest amount of recharge, and the values decrease towards the south and the edge of the aquifer. The results obtained from the evaluation of the groundwater recharge value confirmed the potential map well.*

Key Words Groundwater recharge, water table fluctuations, Garmsar aquifer, recharge potential.

* تاریخ دریافت مقاله ۱٤۰۱/٤/۳۱ و تاریخ پذیرش آن ۱٤۰۱/۹/۲٦ می‌باشد

(۱) نویسنده مسئول: استادیار دانشکده زمین‌شناسی، دانشکدگان علوم، دانشگاه تهران.

Email: Efijani@ut.ac.ir

(۲) دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، دانشکده زمین‌شناسی، دانشکدگان علوم، دانشگاه تهران.

(۳) استادیار دانشکده زمین‌شناسی، دانشکدگان علوم، دانشگاه تهران.

مقدمه

آب زیرزمینی یکی از منابع اصلی آب شیرین به خصوص در نواحی خشک و نیمه خشک که مقدار بارندگی کمی دارند، به شمار می‌آید. در سالهای اخیر افزایش جمعیت و به دنبال آن افزایش نیازهای آبی، برداشت بی‌رویه از آبخوان را منجر شده که این مسئله منابع آب زیرزمینی را با تهدید جدی مواجه کرده است. از این رو بررسی پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی و برآورد میزان تغذیه موضوع مهمی است که بررسی آن به منظور مدیریت پایدار آبهای زیرزمینی و حفظ سلامت انسان و محیط امری ضروری به شمار می‌آید.

تغذیه عبارت است از جریان رو به پایین آب به سمت سطح ایستابی که باعث افزایش ذخیره آبخوان می‌شود [1]. تغذیه به دو صورت متمرکز و پراکنده اتفاق می‌افتد. تغذیه متمرکز تغذیه ناشی از گودیها و فروافتادگیهایی نظیر رودخانه، دریاچه و... می‌باشد. تغذیه پراکنده ناشی از بارش یا آبیاری بوده که نسبتاً یکنواخت است و در سطح بزرگ روی می‌دهد [2]. راشتون تغذیه را به دو گروه تغذیه واقعی و تغذیه پتانسیل تقسیم‌بندی کرده است. تغذیه واقعی آبی است که به سطح ایستابی رسیده و از مطالعات آب زیرزمینی تخمین زده می‌شود. در حالی که تغذیه پتانسیل معرف میزان آب نفوذی است که براساس مطالعات آبهای سطحی و منطقه غیراشباع تخمین زده می‌شود [3].

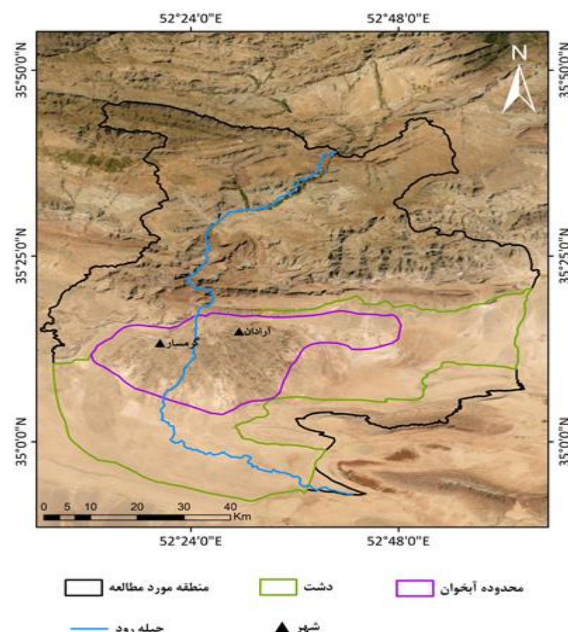
مطالعات گسترده‌ای در ارتباط با بررسی پتانسیل و میزان تغذیه آبخوانها در ایران و سایر نقاط جهان انجام شده است که در ادامه به تعدادی از آنها اشاره می‌شود. اسکانلون و همکاران روشهای برآورد تغذیه را بر اساس نواحی هیدرولوژیکی به سه دسته ناحیه آب سطحی، ناحیه غیراشباع و ناحیه اشباع تقسیم‌بندی کرده‌اند. هر کدام از این نواحی میزان تغذیه را در مقیاس زمان و مکان ارائه می‌کنند و در هر ناحیه روشهای برآورد تغذیه خود به روشهای فیزیکی، ردیابی و مدل‌سازی عددی تقسیم می‌شوند. روشهای برآورد در نواحی سطحی و غیراشباع عموماً برآوردی از تغذیه خالص ارائه می‌دهند، در حالی که روشهای ناحیه اشباع مقدار تغذیه واقعی را ارزیابی می‌کند. بسیاری از روشهای برآورد تغذیه بر معادله بیلان آب استوار هستند. احمدی و همکاران [4] میزان تغذیه دشت نیشابور را به روش نوسانات سطح ایستابی و رویکرد مدل‌سازی معکوس بررسی کردند. نتایج نشان دادند که در عمده پلیگونهای دشت بهترین برازش با حداقل‌سازی اختلاف بین مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای حاصل می‌شوند. مقدار متوسط سالانه تغذیه در کل دشت با استفاده از این روش معادل ۲۸۸/۵۱ میلیون مترمکعب حاصل گردید. هانگ وو و مرکل [5] میزان تغذیه شهر هانوی در ویتنام را با روشهای مختلفی بررسی کردند. نتایج به دست آمده نشان داد که روش نوسان سطح آب نتایج منطقی ارائه می‌دهد و برای منطقه هانوی مناسب بوده است. در این منطقه دو آبخوان با سن هولوسن و پلیستوسن قرار دارد. متوسط میزان تغذیه آبخوان هولوسن از ۱۸۸ میلی‌متر در سال تا حدود ۶۰۰ میلی‌متر در سال متغیر بود و متوسط تغذیه آبخوان پلیستوسن از ۱۷۸ تا ۵۲۵ میلی‌متر بر سال تغییر می‌کرد. در مطالعه دیگری که توسط آدجی[6] انجام شده است، از روش نوسانات سطح ایستابی برای ارزیابی تغذیه آب زیرزمینی در شیب جنوبی آتشفشان مراپی اندونزی استفاده شد. شیب جنوبی این آتشفشان نقش مهمی در تغذیه آب زیرزمینی این منطقه دارد. نتایج به دست آمده نشان دادند که یکی از عوامل مهم کنترل‌کننده تغذیه در این ناحیه واحدهای ژئومورفولوژیکی است که آبخوان در آن قرار دارد. شعبان و همکاران[7] از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای بررسی پتانسیل تغذیه لبنان غربی استفاده کردند. فاکتورهای مورد بررسی برای پتانسیل تغذیه خطواره، تراکم زهکشی، لیتولوژی، میزان کارستی شدن و کاربری اراضی بود. نتایج به دست آمده نشان دادند که بهترین مناطق مناسب تغذیه در ارتفاعات مکانهایی هستند که گسترش کارست در آنها مشاهده می‌شود. همچنین نقشه‌های نهایی گویای آن بودند که ۵۷٪ منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل تغذیه‌ای بالا تا بسیار بالا است. گیتینجی و همکاران[8] پتانسیل تغذیه دو منطقه از کنیا را با کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش فازی- تحلیل سلسله مراتبی بررسی کردند. فاکتورهای مورد بررسی در این پژوهش شامل کاربری اراضی، شیب، تراکم زهکشی، ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، تراکم خطواره‌ها و بافت خاک بودند. نقشه‌های به دست آمده نشان دادند که بیشترین میزان تغذیه در آبرفت، دشت سیلابی و مناطقی با تراکم خطواره بالا به وقوع می‌پیوندد. در نهایت نتایج به دست آمده با استفاده از میزان هدایت الکتریکی صحت‌سنجی شدند. در این نوع صحت‌سنجی فرض بر آن بوده که در نقاطی که تغذیه رخ می‌دهد میزان هدایت الکتریکی به

علت اختلاط با آب وارد شده و ماندگاری کمتر آب در زیر زمین کمتر است.

با توجه به اینکه دشت گرمسار در ناحیه گرم و خشک قرار دارد و آب زیرزمینی منبع اصلی تأمین آب کشاورزی، شرب و صنعت مردم این منطقه به شمار می‌آید، بررسی تغذیه آب زیرزمینی دشت گرمسار به منطور مدیریت پایدار از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین، هدف از این پژوهش، ارزیابی پتانسیل تغذیه و همچنین برآورد مقادیر تغذیه آب زیرزمینی آبخوان دشت گرمسار می‌باشد. به این منظور، در این مطالعه ابتدا پتانسیل تغذیه آبخوان دشت گرمسار بر اساس شش فاکتور شیب، کاربری اراضی، لیتولوژی، ژئومورفولوژی، تراکم زهکشی و تراکم خطواره بررسی شده و سپس به منظور صحت‌سنجی و برآورد میزان تغذیه، از روش پیسکوپو [9] و روش نوسانات سطح آب زیرزمینی (Water Table Fluctuations) استفاده شده است که مبتنی بر معادله بیلان آب می‌باشد.

مواد و روشها

منطقه مورد پژوهش. آبخوان دشت گرمسار در محدوده مطالعاتی گرمسار جزئی از حوضه آبریز درجه دو کویر مرکزی و حوضه آبریز اصلی فلات مرکزی است. محدوده مطالعاتی گرمسار در استان سمنان و در مسیر جاده تهران به سمنان واقع شده است. این محدوده در شمال حوضه آبریز اصلی فلات مرکزی، بین طولهای جغرافیایی'۷ °۵۲ تا '٤ °۵۳ شرقی و عرضهای جغرافیایی '۵۲ °۳٤ تا '٤٦ °۳۵ شمالی گسترده شده است (شکل ۱). وسعت این محدوده در حدود ۵۵۳۲ کیلومتر مربع و وسعت دشت و ارتفاعات آن به ترتیب برابر با ۲۳۲۲ و ۳۲۱۰ کیلومتر مربع می‌باشد. از لحاظ جغرافیایی این منطقه در قسمت جنوبی کوه‌های البرز و قسمت شمالی کویر مرکزی واقع شده است. این منطقه دارای آب و هوای خشک کویری است به طوری که حداقل و حداکثر مقدار متوسط دمای سالانه آن به ترتیب ٤ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد است و مقادیر حداقل و حداکثر مقدار متوسط دما برای ارتفاعات و دشت به ترتیب ۱۲/۹ و ۱۹/۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (درجه حرارت سالانه حوضه ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد است). با توجه به مطالعات انجام شده در دوره شاخص آماری ٤۵ ساله ٤٦-۱۳٤۵ تا ۹۰-۱۳۸۹، میانگین بارندگی سالیانه در ارتفاعات و دشت به ترتیب برابر با ۲۰۰/۹ و ۸۱/٤ میلیمتر برآورد شده است. پارامتر تبخیر، در دوره شاخص ۳۰ ساله ۹۰-۱۳٦۰ مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. تبخیر از سطح آزاد آب سالانه در دشت و ارتفاعات محدوده مطالعاتی به ترتیب ۱۹۷۰ و ۱۳٦٤/۵ میلیمتر می‌باشد. اختلاف دمای تابستان و زمستان در این منطقه زیاد بوده و این دشت از نظر پوشش گیاهی فقیر است.



شکل ۱ موقعیت آبخوان منطقه مورد مطالعه

در محدوده مطالعاتی گرمسار رودخانه‌های متعددی قرار دارند که از آن جمله می‌توان به حبله رود، دالی چای، دره چهار طاق، دره خوش آب رود اشاره کرد. حبله رود زه‌کش اصلی محدوده است که از کوه‌های شمالی فیروزکوه سرچشمه می‌گیرد و عمده جریانات منطقه مورد مطالعه را دریافت کرده و در نهایت وارد محدوده مطالعاتی گرمسار می‌شود. بر اساس آمار اخذ شده از سازمان آب منطقه‌ای، مصرف آب در این محدوده مطالعاتی شامل ۱۴۰/۸۷ میلیون مترمکعب در سال از آبهای زیرزمینی و ۸۴/۸۸ میلیون مترمکعب از جریان‌های سطحی است. از مقدار آب استحصال شده از منابع آب زیرزمینی آبخوان آبرفتی گرمسار ۸۹/۵٪ در بخش کشاورزی، ٦/٦٪ در بخش شرب و ۳/۹٪ در بخش صنعت مصرف می‌گردد [10].

از نظر زمین‌شناسی، آبخوان محدوده مطالعاتی دشت گرمسار از شرق به تراسهای آبرفتی و از شمال شرق به کنگلومرای کهریزک و سازند قرمز فوقانی محدود می‌گردد. شمال و شمال غرب این دشت را سازند قرمز زیرین با واحدهای گچ، نمک و رس و حاشیه جنوب، جنوب غربی و جنوب شرقی دشت را نهشته‌های کواترنری در بر گرفته است [11]. بر اساس آمار کسب شده از سازمان آب منطقه‌ای، آبخوان اصلی دشت درون مخروط افکنه گرمسار تشکیل شده است. مخروط افکنه گرمسار حاصل تجمع نهشته‌های رسوبی رودخانه حبله رود بر روی سنگ کف غیرقابل نفوذ مارنی و شیلی می‌باشد. رودخانه حبله رود عامل اصلی تغذیه دشت و آبخوان است. آبخوان آبرفتی دشت گرمسار ۷۸۵ کیلومتر مربع وسعت دارد و میانگین ضخامت آبرفت حدود ۱۴۰ متر است. در بخش قابل توجهی از سطح دشت آبخوان آزاد گسترده است. به دلیل وجود تناوبی از ذرات نفوذ ناپذیر تا کم نفوذ، در انتهای دشت و حاشیه کویر شرایطی از آبخوان نیمه محبوس تا محبوس ایجاد شده و متوسط ضخامت لایه اشباع حدود ۳۵ متر است.

جدول ۱ رتبه‌ها و وزنهای اختصاص داده شده به هر پارامتر

پارامتر	کلاس	رتبه	وزن
شیب	شیب کم ۰ تا ۵ درجه شیب متوسط ۵ تا ۲۰ درجه شیب زیاد بیش از ۲۰ درجه	۳ ۲ ۱	۰/۱
کاربری اراضی	زمینهای زراعی و مراتع زمینهای باغی زمین بایر و تأسیسات انسانی	۳ ۲ ۱	۰/۱۵
ژئومورفولوژی	لندفرمهای با نفوذپذیری بسیار بالا (بستر رودخانه و دشت آبرفتی) لندفرمهای با نفوذپذیری بالا (مخروط افکنه) لندفرمهای با نفوذپذیری متوسط (دامنه‌های کارستی) لندفرمهای با نفوذپذیری کم (دامنه‌های نامنظم، تیغه‌های فرسایشی، پرتگاه‌های گسلی)	٤ ۳ ۲ ۱	۰/۲۵
لیتولوژی	سازندهای منفصل با نفوذپذیری بالا سازندهای سخت با نفوذپذیری متوسط سازندهای با نفوذپذیری کم	٤ ۲ ۱	۰/۲
تراکم زهکشی	تراکم کم (۱/۵ – ۰ کیلومتر بر کیلومتر مربع) تراکم متوسط (۳ – ۱/۵ کیلومتر بر کیلومتر مربع) تراکم بالا (۵/۳ – ۳ کیلومتر بر کیلومتر مربع)	۳ ۲ ۱	۰/۲
تراکم خطواره	تراکم کم (۰/۳۷ – ۰ کیلومتر بر کیلومتر مربع) تراکم متوسط(۱/۰۸ – ۰/۳۷کیلومتر بر کیلومتر مربع) تراکم بالا(۲/۹٦ –۱/۰۸کیلومتر بر کیلومتر مربع)	۱ ۲ ۳	۰/۱

روش انجام پژوهش

بررسی پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی. تغذیه آب زیرزمینی به عوامل متعدد زمین‌شناسی بستگی دارد. با توجه به اینکه عوامل تأثیرگذار بر تغذیه گسترده هستند و بررسی میدانی آنها نیاز به صرف هزینه و زمان بسیار دارد، سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی ابزاری مناسب جهت بررسی پتانسیل تغذیه به شمار می‌آید. در این پژوهش از شش فاکتور شیب، کاربری اراضی، ژئومورفولوژی، لیتولوژی، تراکم زهکشی و تراکم خطواره جهت بررسی پتانسیل تغذیه استفاده شده است. هر یک از این پارامترها باتوجه به جدول (۱) امتیازدهی و طبق رابطه (۱) تلفیق شده و در نهایت نقشه نهایی به دست می‌آید.

$$RP = (S_r \times S_w) + (D_r \times D_w) + (LU_r \times LU_w) + (L_r \times L_w) + (LDr \times LD_w) + (GM_r \times GM_w) \quad (۱)$$

در رابطه بالا r رتبه اختصاص یافته به هرکدام از کلاسهای پارامترها است که دارای مقادیر بین ۱ تا ٤ می‌باشد و w وزن هر پارامتر است [12].

برآورد مقدار تغذیه

روش نوسانات سطح ایستابی. روش نوسانات سطح ایستابی مبتنی بر معادله بیلان آب اســت و با تجزیه و تحلیل نوســانات ســـطح آب زیرزمینی، برآوردی از میزان تغذیه ارائه می‌دهد. روش نوسـانات سـطح ایسـتابی بر این فرض اسـتوار اسـت که افزایش ســـطح آب زیرزمینی در آبخوانهای آزاد به خاطر تغذیه رسیده به سطح ایستابی است. داده‌های مورد نیاز در این روش داده‌های سطح آب زیرزمینی و آبدهی ویژه است و با رابطه زیر محاسبه می‌شود [13]:

$$R = S_y \frac{dh}{dt} = S_y \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad (۲)$$

که در این رابطه R تغذیه آب زیرزمینی $[\frac{L}{T}]$، Δh نوســان ســطح آب زیرزمینی در دوره زمانی تغذیه [L]، Δt طول دوره زمانی تغذیه [T] و S_y آبدهی ویژه (بدون بعد) می‌باشــد. در معادله بالا فرض می‌شود که آب رسیده به سطح ایستابی بلافاصله به دخیره آب زیرزمینی تبدیل می‌شود.

روش پیسکوپو. روش دیگری که در این مطالعه برای ارزیابی میزان تغذیه استفاده شده است، روش پیسکوپو می‌باشد. این روش توسط پیسکوپو ارائه شده و به صورت زیر محاسبه می‌گردد [۹]:

نفوذپذیری خاک+ میزان بارندگی + درصد شیب = مقدار تغذیه (۳)

در این روش عوامل بالا با یکدیگر جمع شده و طبق جدول (۲) رده‌بندی می‌شوند.

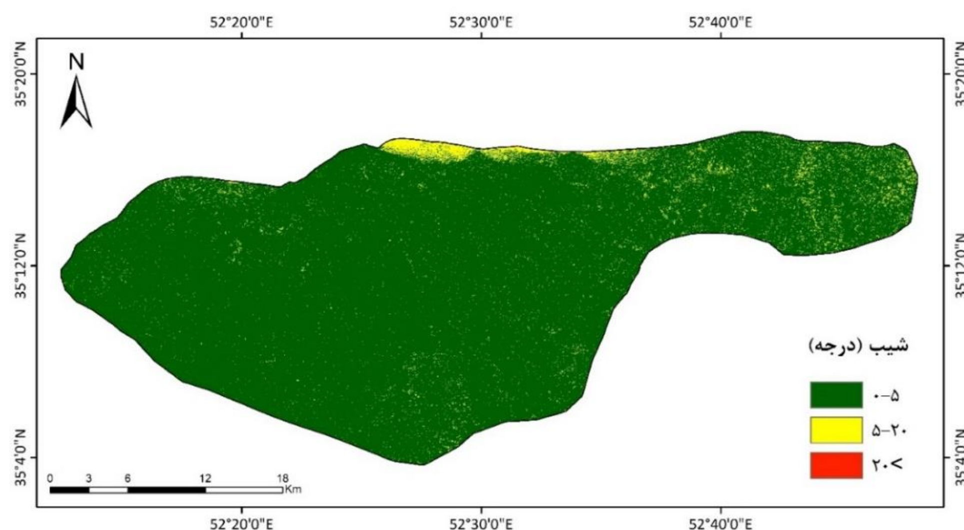
واکاوی یافته‌ها

بررسی پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی

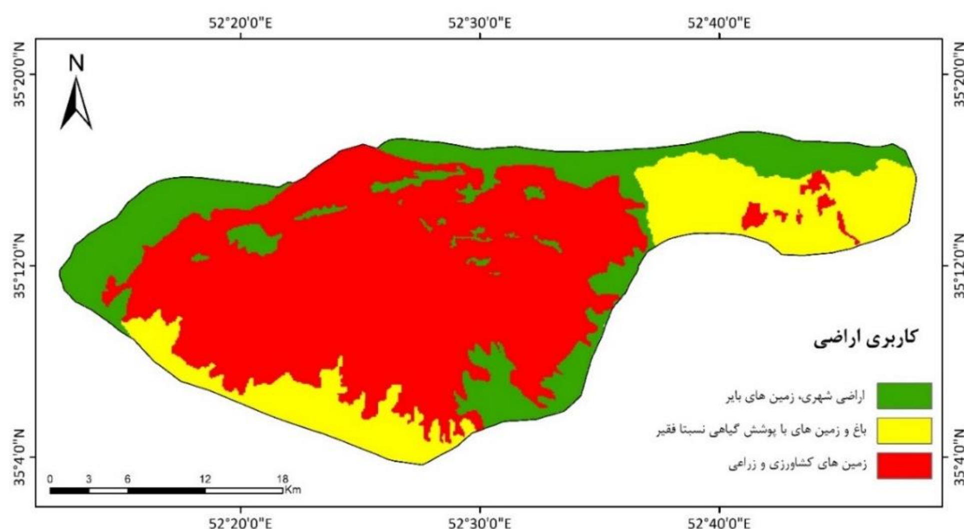
شیب توپوگرافی. شیب توپوگرافی سرعت حرکت آب را کنترل می‌کند. هرچه شیب کمتر باشد میزان نفوذ بالاتر است و بالعکس هرچه شیب بیشتر باشد میزان نفوذ کمتر است. به منظور تهیه نقشه شیب منطقه از مدل رقومی ارتفاعی با دقت ۱۲/۵ متر استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهند که قسمتهای شمالی واقع در رأس مخروط افکنه شیب بیشتری نسبت به قسمتهای دیگر دارند (شکل ۲).

جدول ۲ رده‌بندی عوامل مؤثر در تغذیه

شیب		بارندگی		نفوذپذیری خاک		میزان تغذیه	
شیب٪	رتبه	بارش (میلیمتر)	رتبه	محدوده	رتبه	محدوده	رتبه
>۲	٤	<۸۵۰	٤	زیاد	۵	۱۳-۱۱	۱۰
۱۰-۲	۳	۸۵۰-۷۰۰	۳	متوسط تا زیاد	٤	۱۱-۹	۸
۳۳-۱۰	۲	۷۰۰-۵۰۰	۲	متوسط	۳	۹-۷	۵
<۳۳	۱	>۵۰۰	۱	کم	۲	۷-۵	۳
				خیلی کم	۱	۵-۳	۱



شکل ۲ پهنه‌بندی شیب منطقه مورد پژوهش



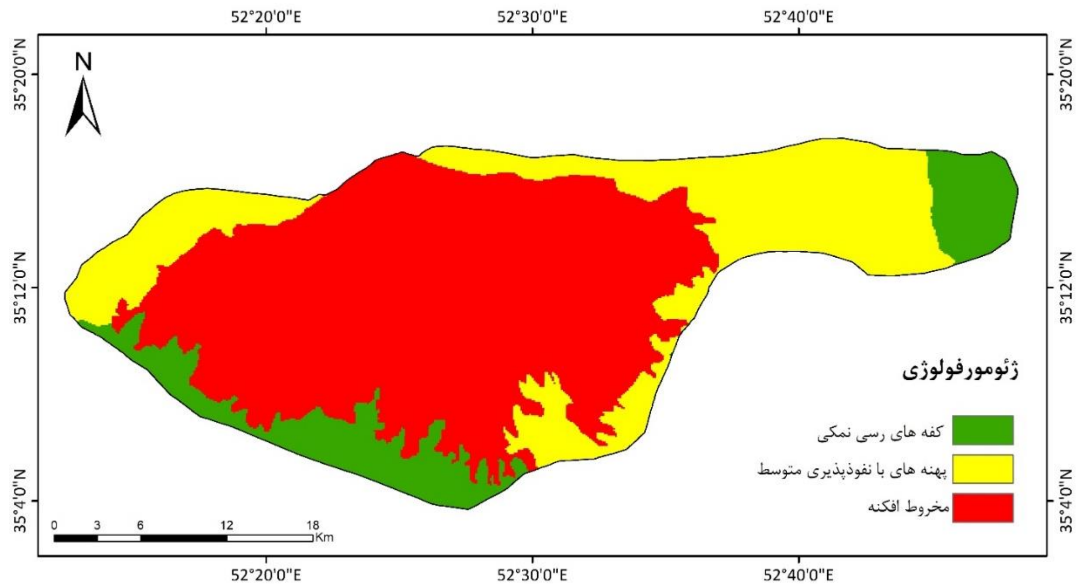
شکل ۳ پهنه‌بندی کاربری اراضی منطقه مورد پژوهش

کاربری اراضی. نوع کاربری اراضی می‌تواند نمودی از مصرف آب برداشت شده از آبخوان، میزان آب برگشتی به آبخوان و پوشش گیاهی باشد. بر همین اساس این پارامتر نقش بسزایی در پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی ایفا می‌کند. شکل (۳) نقشه کاربری ارا ضی منطقه مورد پژوهش را ن شان می‌دهد. بی شترین کاربری اراضی محدوده به خصوص در مخروط افکنه گرمسار فعالیتهای کشاورزی می‌باشد. مناطق اطراف مخروط افکنه را زمینهایی با پوشش گیاهی نسبتاً فقیر و زمینهای بایر تشکیل می‌دهند.

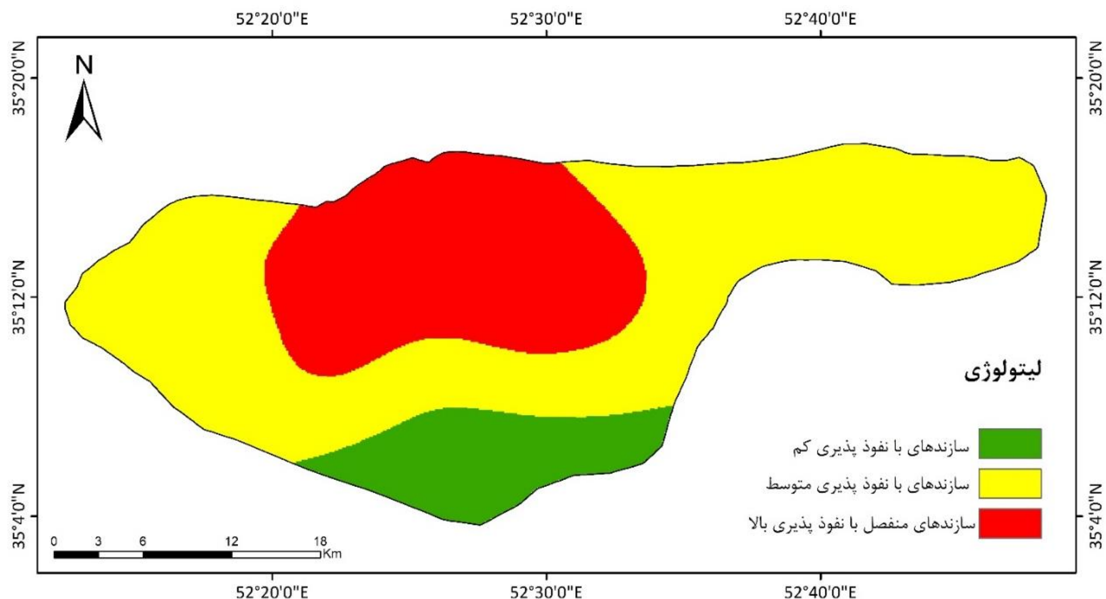
ژئومورفولوژی. از آن‌جایی که آبخوان اصلی منط قه روی مخروط افکنه گرم سار واقع شده و مناطق حا شیه‌ای نیز شامل د شت گرم سار و پهنه‌های ر سی نمکی ا ست، این منطقه از نظر ژئومورفولوژی دارای تنوع م حدودی است. مخروط افک نه گرم‌سار، پهنه‌هایی با نفوذپذیری متو سط و کفه‌های ر سی نمکی سه دسته اصلی ژئومورفولوژیکی منطقه مورد پژوهش را تشکیل می‌دهند. پارامترهای ژئومورفولوژی براساس جدول (۱) وزن‌دار شده و لندفرم مخروط افکنه به علت نفوذپذیری زیاد و وجود آبرفتهای ضخیم لایه بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ٤).

لیتولوژی. لیتولوژی نقش بسزایی در میزان نفوذ آب بارندگی به آبخوان دارد. لیتولوژیهای موجود در محیط آبخوان شامل پادگانه آبرفتی جدید، پهنه نمکی، گچی، سیلتی، رسی‌تر و خشک و پهنه

رسی، سیلتی می‌باشد که همگی مربوط به دوران کواترنری هستند. به منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی، میزان نفوذپذیری بررسی شده و نقشه نفوذپذیری منطقه براساس هدایت هیدرولیکی و جدول (۱) رتبه‌دهی شد. طبق بررسیهای انجام شده در منطقه، هدایت هیدرولیکی از ٤ متر بر روز در نواحی حاشیه‌ای و جنوبی تا ۷۲ متر بر روز در نواحی شمالی محدوده متغیر است. باتوجه به شکل (۵) قسمتهای شمالی دارای بیشترین میزان نفوذپذیری است و این میزان با حرکت به سمت جنوب و حاشیه محدوده کاهش می‌یابد.



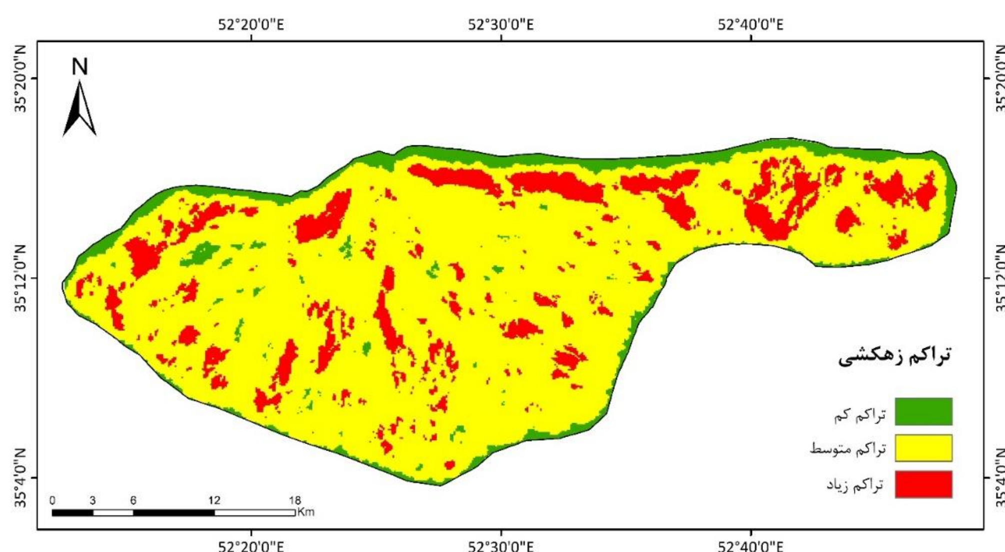
شکل ٤ پهنه‌بندی ژئومورفولوژی منطقه مورد پژوهش



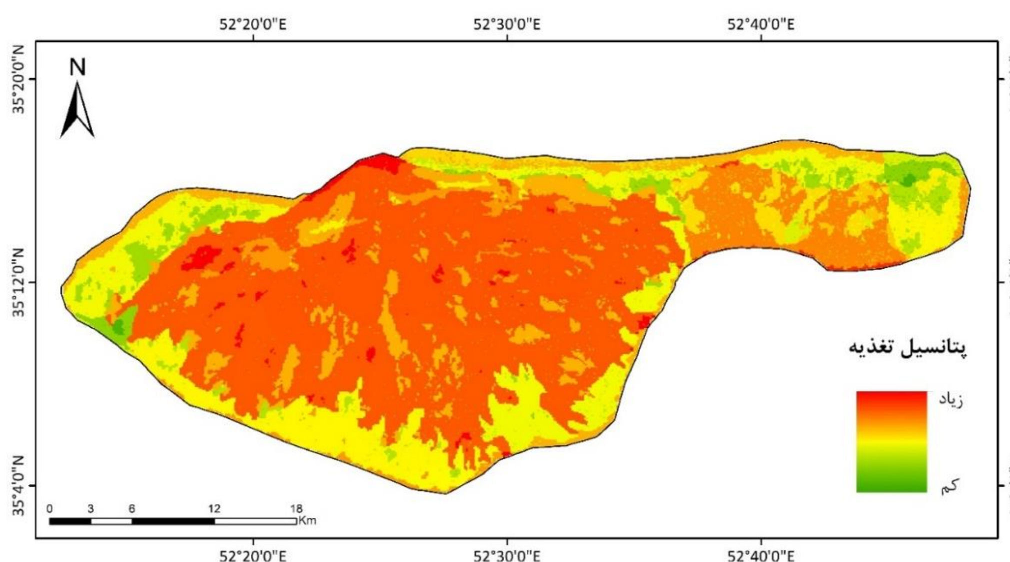
شکل ۵ پهنه‌بندی لیتولوژی منطقه مورد پژوهش

تراکم زهکشی. تراکم زهکشی در هر منطقه وابسته به عواملی چون توپوگرافی، شیب و شرایط زمین‌شناسی است. تراکم زهکشی نشان دهنده میزان رواناب است؛ بنابراین هرچه تراکم زهکشی بالاتر باشد میزان نفوذ آب کمتر است و هرچه تراکم زهکشی در یک منطقه کمتر باشد میزان نفوذ بالاتر خواهد بود [14] به منظور تهیه نقشه تراکم از مدل ارتفاعی رقومی با دقت ۱۲/۵ متر استفاده شده است که پس از استخراج آبراهه‌ها، تراکم آن محاسبه گردیده و سپس طبق جدول (۱) رتبه‌دهی شده‌اند. شکل (٦) نشان دهنده آن است که قسمتهای شمالی دارای تراکم زهکشی کم هستد که میزان نفوذ در آنها بالا است.

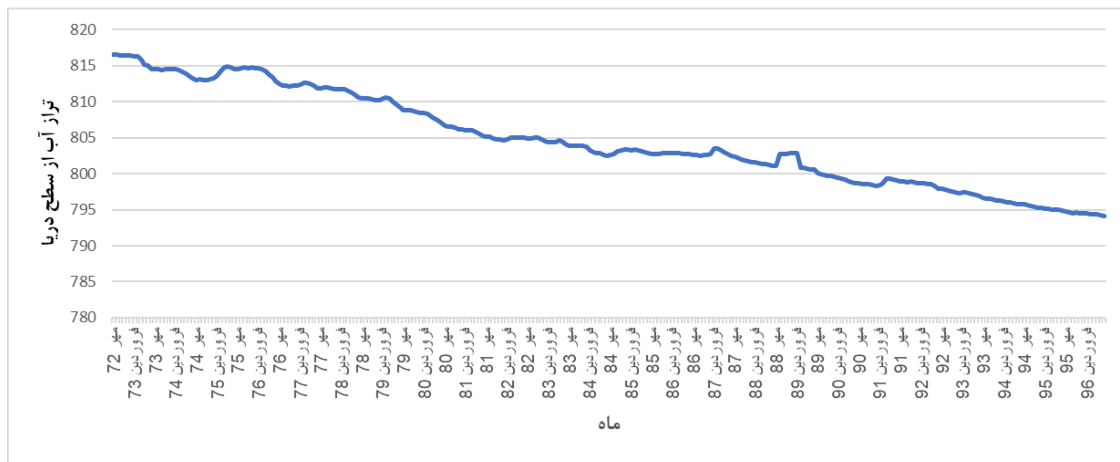
تراکم خطواره. خطواره در ارتباط با شکستگیها به کار می‌رود و به عنوان مجرای حرکت آب در نظر گرفته می‌شود. هر چه میزان تراکم خطواره در یک منطقه بیشتر باشد، میزان نفوذپذیری بالاتر است و هر چه میزان تراکم خطواره کمتر باشد نفوذ نیز کمتر خواهد بود. با توجه به اینکه آبخوان گرمسار در سازندهای کواترنری آبرفتی قرار گرفته است، خطواره در آنها گسترش خاصی ندارد؛ در نتیجه برای تمام منطقه این مقدار یکسان در نظر گرفته شده است.



شکل ٦ پهنه‌بندی تراکم زهکشی منطقه مورد پژوهش



شکل ۷ نقشه پهنه‌بندی پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی



شکل ۸ آبنمود معرف دشت گرمسار

پهنه‌بندی پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی دشت گرمسار. برای تهیه نقشه نهایی پتانسیل تغذیه، رتبه هر پارامتر در وزن آن ضرب شده و سپس با یکدیگر جمع شدند. نقشه نهایی به دست آمده نشان می‌دهد که قسمت رأس مخروط افکنه به علت نفوذپذیری بالا و تراکم کم آبراهه بالاترین پتانسیل تغذیه را دارا می‌باشد. بعد از آن بیشترین میزان تغذیه به علت نفوذپذیری بالا، فعالیتهای کشاورزی و شیب مناسب مربوط به مخروط افکنه گرمسار است. میزان پتانسل تغذیه در قسمتهای جنوبی و غربی محدوده به علت منتهی شدن به پهنه‌های با نفوذپذیری کم و اراضی بایر کاهش پیدا می‌کند (شکل ۷).

برآورد مقدار تغذیه

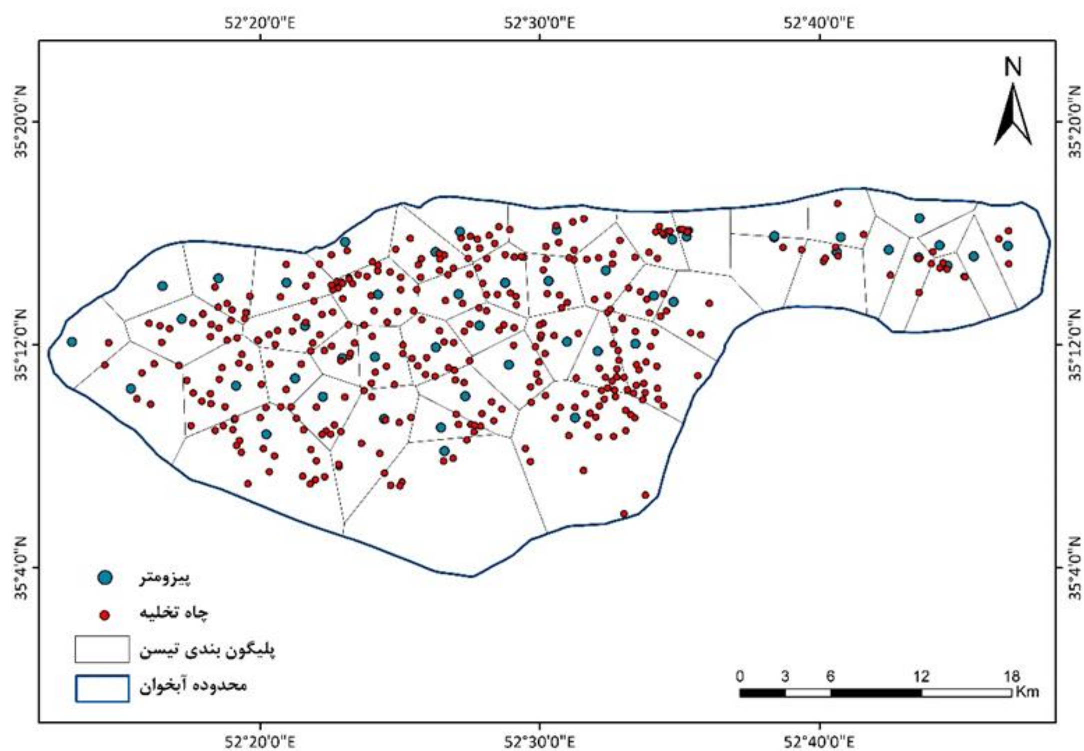
روش نوسانات سطح ایستابی. تغییرات زمانی تراز سطح آب زیرزمینی از جمله مهمترین مشخصات آبخوان می‌باشد که در نواحی مختلف آن متفاوت است. تغییرات سطح ایستابی به مقادیر تغذیه و تخلیه، فاصله از مناطق تغذیه کننده و میزان پمپاژ بستگی دارد و آبنمود معرف نشانگر مناسبی برای تغییرات درازمدت سطح ایستابی می‌باشد. برای رسم آبنمود معرف دشت گرمسار از اطلاعات چاه‌های مشاهده‌ای در سالهای آبی ۷۳-۱۳۷۲ تا ۹۶-۱۳۹۵ استفاده شد (شکل ۸). بررسیها نشان داد که متوسط افت دراز مدت در آبخوان دشت گرمسار ۰/۹۳ متر در سال است.

برای محاسبه تغذیه خالص به روش تغییرات سطح ایستابی، داده‌های سطح ایستابی ۴۰ چاه مشاهده‌ای در طول سالهای آبی ۸۹-۱۳۸۸، ۹۰-۱۳۸۹ و ۹۱-۱۳۹۰ مورد بررسی قرار گرفتند.

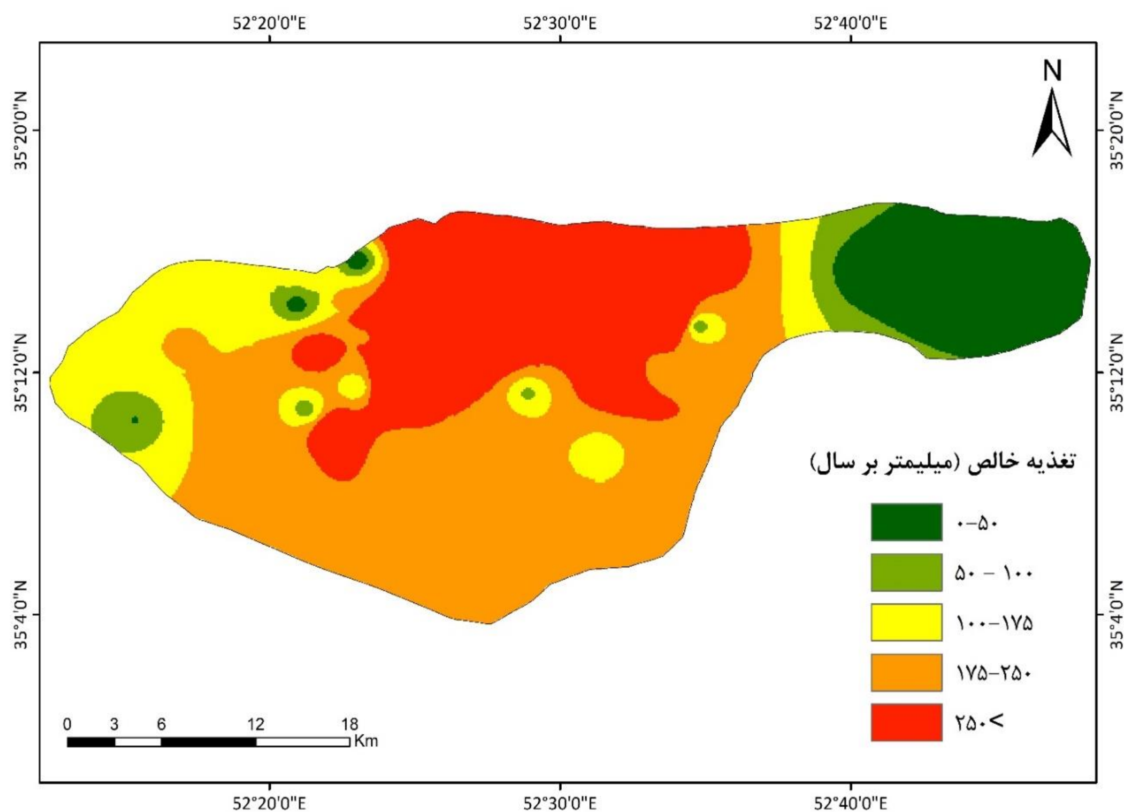
اطلاعات چاه‌های مشاهده‌ای وارد نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی شده و برای هر چاه پلیگون تیسن رسم گردید. سپس میزان حجم آب کاهش یافته یا افزایش یافته در هر پیزومتر از حاصل‌ضرب آبدهی ویژه در مساحت پلیگون در اختلاف سطح پیزومترها طبق رابطه (۲) به دست آمد. از آنجایی که هر ساله مقداری از آب آبخوان از طریق پمپاژ خارج می‌شود، میزان تخلیه نیز در محاسبات لحاظ شد. برای به دست آوردن میزان پمپاژ تخلیه چاه‌های آماربرداری شده واقع در هر پلیگون محاسبه و به صورت زیر به رابطه (۲) اضافه گردید:

$$R=S_y\frac{dh}{dt}=S_y\frac{\Delta h}{\Delta t}+\text{pumping} \qquad (٤)$$

طبق محاسبات انجام شده مقدار Δh آبخوان از ۲- متر تا ۰/۸ متر متغیر است. همچنین باتوجه به اطلاعات به دست آمده از سازمان آب منطقه‌ای، میانگین آبدهی ویژه ۰/۰۵ می‌باشد [10]. با ضرب مقدار تغییرات سطح آب زیرزمینی در هر چاه مشاهده‌ای با مقدار آبدهی ویژه و سپس جمع آن با مقدار تخلیه، نرخ تغذیه در هر چاه مشاهده‌ای به دست می‌آید. پس از آنکه نرخ تغذیه هر چاه مشاهده‌ای که براساس آن پلیگون تیسن رسم شده (شکل ۹) محاسبه گردید، درون‌یابی صورت گرفت و نقشه پهنه‌بندی تغذیه خالص به دست آمد (شکل ۱۰). میزان تغذیه سالانه آبخوان به روش نوسانات سطح ایستابی از ۱/۹۵ میلیمتر در بخشهای جنوبی تا ٤٧٨ میلیمتر در نواحی شمالی تغییر می‌کند.



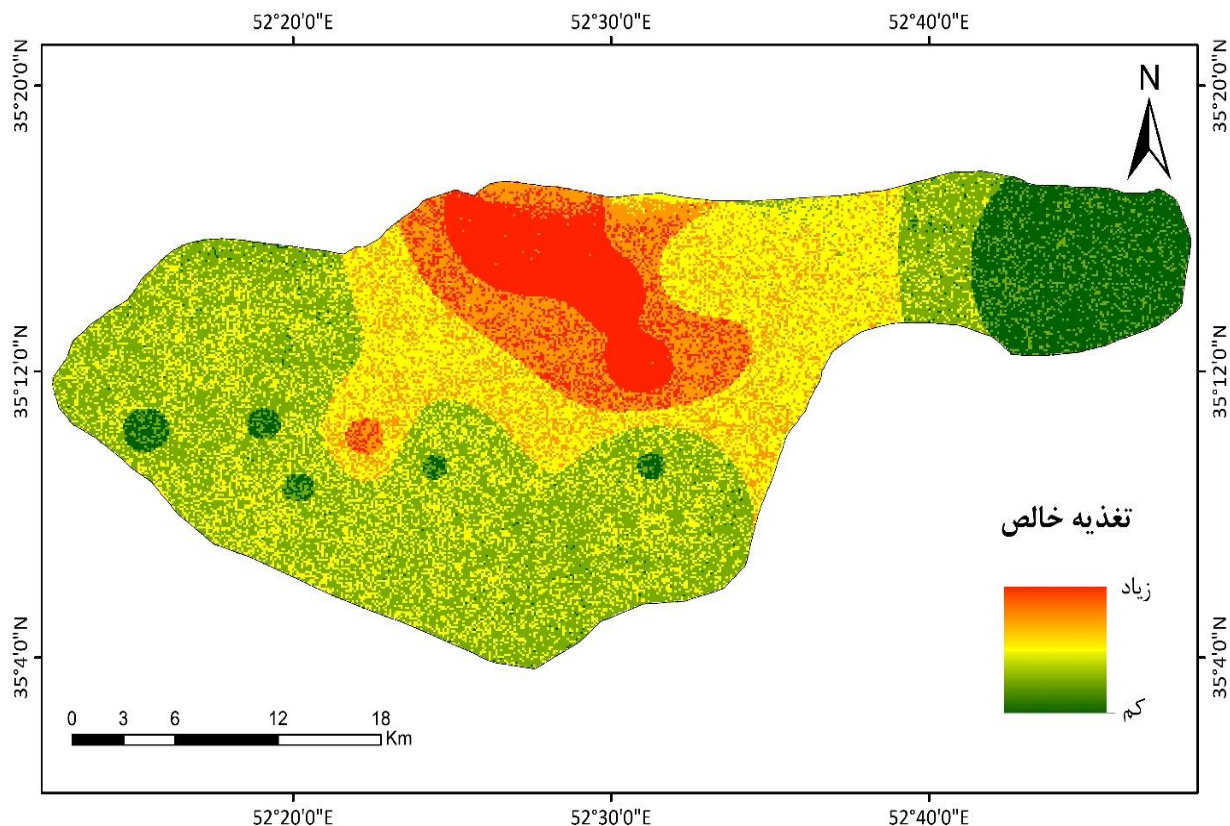
شکل ۹ موقعیت پیزومترها و چاه‌های بهره‌برداری دشت گرمسار



شکل ۱۰ نقشه پهنه‌بندی تغذیه خالص آبخوان دشت گرمسار با استفاده از روش نوسانات سطح ایستابی

روش پیسکوپو. در مرحله بعد برای تهیه نقشه پهنه‌بندی مقادیر تغذیه در آبخوان دشت گرمسار از روش پیسکوپو استفاده شد. در این روش برای محاسبه شیب یک مدل رقومی ارتفاعی از منطقه تهیه و بعد از استخراج شیب طبق معیارهای جدول (۲) رتبه‌بندی شد. مقدار شیب منطقه از ۲ تا ۳۷ درصد متغیر است. میزان بارندگی سالیانه دشت از سامانه هواشناسی و سازمان آب منطقه‌ای سمنان جمع‌آوری شد. اطلاعات نشان می‌دهند که میزان بارندگی محدوده مطالعاتی و دشت گرمسار کمتر از ۵۰۰ میلیمتر است؛ در نتیجه طبق جدول (۲) تمام محدوده آبخوان دارای رتبه یک می‌باشد. برای به دست آوردن میزان نفوذ نیز اطلاعات نفوذپذیری منطقه جمع‌آوری شده و طبق جدول (۲) به پنج دسته تقسیم‌بندی شدند. در نهایت نقشه‌های مربوط به سه عامل شیب، نفوذپذیری و بارندگی با یکدیگر ترکیب شدند. شکل (۱۱) نشان می‌دهد که میزان تغذیه از شمال به سمت جنوب منطقه کاهش می‌یابد و بیشترین مقدار تغذیه مربوط به بخشهای شمالی آبخوان که در رأس مخروط افکنه واقع است، می‌باشد.

با توجه به نتایج هر دو روش برآورد مقادیر تغذیه آب زیرزمینی، بیشترین میزان تغذیه در محل مخروط افکنه و ورودی جریان آب زیرزمینی به آبخوان رخ داده که در این مناطق مواد تشکیل‌دهنده دانه درشتتر و دارای نفوذپذیری بالاتر می‌باشند. علاوه بر این، مناطق دارای مقادیر بالای تغذیه بیشتر در زمینهای کشاورزی واقع شده‌اند. در نقشه نهایی پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی نیز نواحی دارای بالاترین پتانسیل بر بخشهای شمالی آبخوان منطبق است که با مقادیر تغذیه برآورد شده با هر دو روش همخوانی دارد. اگر چه نتایج حاصل از مقایسه مقادیر تغذیه و پتانسیل تغذیه در برخی قسمتهای منطقه اختلاف کمی با هم دارند.



شکل ۱۱ نقشه پهنه‌بندی تغذیه خالص آبخوان دشت گرمسار با استفاده از روش پیسکوپو

نتیجه‌گیری

با توجه به افزایش نیاز روزافزون به منابع آب زیرزمینی و اهمیت بالای این منابع، میزان تغذیه و برداشت از آبخوانها موضوع بسیار مهمی است. از آنجایی که آبخوان گرمسار منبع اصلی کشاورزی در منطقه است و کشاورزی در این ناحیه گسترش زیادی دارد، مسئله مدیریت پایدار آب امری ضروری به شمار می‌آید. به همین علت در این پژوهش در ابتدا نقشه‌های پتانسیل تغذیه تهیه گردید. نتایج به دست آمده نشان دادند که میزان پتانسیل تغذیه وابستگی بسیاری به میزان نفوذپذیری و کاربری اراضی دارند و قسمت رأس مخروط افکنه و خود آن پتانسیل بالایی دارند. بعد از آن میزان تغذیه خالص منطقه با دو روش نوسانات سطح ایستابی و روش پیسکوپو ارزیابی شد. نقشه پهنه‌بندی حاصل از روش نوسانات سطح ایستابی نشان می‌دهد که به صورت کلی میزان تغذیه از سمت شمال به جنوب و شرق منطقه کاهش پیدا می‌کند و قسمتهای ابتدایی مخروط افکنه گرمسار بیشترین مقدار تغذیه خالص را به خود اختصاص داده‌اند. یکی از مهمترین دلایل این امر درشت بودن ذرات در قسمت ابتدایی مخروط افکنه است که میزان نفوذپذیری را افزایش می‌دهد. در نقشه حاصل از روش پیسکوپو نیز روند کلی نشان‌دهنده آن است که از سمت شمال به سمت جنوب میزان تغذیه آب زیرزمینی کاهش می‌یابد. نکته قابل توجه آن است که روند به دست آمده از دو روش یکسان است و در تنها در بعضی نقاط با یکدیگر تفاوت دارند و هر دو این روشها نتیجه به دست آمده از نقشه پتانسیل تغذیه را تأیید می‌کنند. بنابراین می‌توان از روش به کار رفته در این پژوهش برای ارزیابی میزان پتانسیل و مقادیر تغذیه استفاده کرد. با این وجود، با توجه به کمبود داده نتایج ممکن است با کمی عدم قطعیت همراه باشد. بنابراین انجام آزمایشهای تکمیلی در منطقه به ویژه در ارتباط با اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی پیشنهاد می‌گردد.

سپاسگزاری

مراجع

[1] R. W. Healy, B. R. Scanlon, *Estimating Groundwater Recharge*, Cambridge University Press 2010.

[2] B.R. Scanlon, R. W. Healy and P. G. Cook, “Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge,” *Hydrogeology Journal*, vol. 10, no. 1, pp. 18–39, 2002.

[3] K. Rushton, I. simmers, Eds., *recharge of phreatic aquifers in (semi) arid areas*. London: 1997.

[4] T. Ahmadi, A. N. Ziaei, A. Rasoulzadeh, K. Davary, “Groundwater recharge estimation using water table fluctuations (WTF) method,” *3rd National Conference on Comprehensive Water Resources Management*, Iran, September 10, (2010). (In Persian)

[5] V. Hung Vu, B. J. Merkel, “Estimating groundwater recharge for Hanoi, Vietnam,” *Science of the Total Environment*, ,vol. 651, no. 1, pp. 1047–1057, 2019.

[6] T. N. Adji, “Application of Water Table Fluctuation Method to Quantify Spatial Groundwater Recharge Witidn the Southern Slope of Merapi Volcano, Indonesia,” *Indonesian Journal of Geography*, vol. 39, no. 2, pp. 157–171, 2015.

[7] A. Shaban, M. Khawlie, and C. Abdallah, “Use of remote sensing and GIS to determine recharge potential zones: The case of Occidental Lebanon,” *Hydrogeology Journal*, vol. 14, no. 4, pp. 433–443, 2006.

[8] T. W. Githinji, E. W. Dindi, Z. N. Kuria, and D. O. Olago, “Application of analytical hierarchy process and integrated fuzzy-analytical hierarchy process for mapping potential groundwater recharge zone using GIS in the arid areas of Ewaso Ng’iro – Lagh Dera Basin, Kenya,” *HydroResearch*, vol. 5, -pp. 22–34, 2022.

[9] G. Piscopo, *Groundwater vulnerability map explanatory notes Castlereagh Catchment*, Centre for Natural Resources, NSW Department of Land and Water Conservation, 2002.

[10] Asarab Consulting Engineers Company. Water budget updating study in DASHT-E-KAVIR basin, 12017. (In Persian)

[11] M.R. Zabihi, G. Kamali, H. Imani nasab, "Evaluation and zoning the vulnerability of Garmsar aquifer to pollution using DRASTIC index in GIS environment," *The third national conference on crisis management, safety; Health, environment and sustainable development, Iran*, June 25, (2017). (In Persian)

[12] S. P. Rajaveni, K. Brindha, and L. Elango, "Geological and geomorphological controls on groundwater occurrence in a hard rock region," *Applied Water Science*, vol. 7, no. 3, pp. 1377–1389, 2017.

[13] R. W. Healy, and P. G. Cook, "Using groundwater levels to estimate recharge," *Hydrogeology Journal*, vol. 10, no 1, pp. 91–109, 1979.

[14] M. Parvin, S. Negahban, "The effect of geomorphologic and geological characteristic on the recharge of alluvial aquifers (case study: Gilan-e- Gharb alluvial aquifer)," *Researches in earth Sciences*, vol. 9, no. 4, pp. 167–180, 2019. (In Persian)